

Hochschule Mittweida
University of Applied Sciences
Fakultät für Maschinenbau

**Entwicklung und Konstruktion einer
Schweißvorrichtung
für Umlenktrommeln in der Fördertechnik**

Development and construction of a welding equipment for return rollers
in the conveyor technology

Bachelorarbeit

von

Carl Großmann

Leutewitzer Str. 7
01594 Hirschstein OT Schänitz

Jahrgang: MB07w2
Matrikelnummer: 20121

Betreuender Professor: Prof. Dr.-Ing. Frank Weidermann

Abgabetermin 14.02.2011

Diese Arbeit wurde vorgelegt im Rahmen des Studiums der Fachrichtung *Maschinenbau* mit dem Schwerpunkt *Konstruktion* und wurde realisiert in **Kooperation** mit der **Firma**

K&K Sondermaschinen und Förderanlagenbau GmbH

Mertitzer Straße 37

01623 Lommatzsch

Zusammenfassung:

Zielsetzung: Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung und Konstruktion einer Schweißvorrichtung für Umlenktrommeln in der Fördertechnik.

Methode: Neben der Analyse der bisherigen Trommelfertigung werden verschiedene Lösungsvarianten sowie deren Umsetzungsmöglichkeiten betrachtet. Nach der technischen Vorbetrachtung und der Erstellung der Anforderungsliste wird im Hauptteil die konstruktive Ausarbeitung der Schweißvorrichtung dargelegt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen: Ergebnis der Arbeit ist eine umsetzungsreife Konstruktion einer Schweißvorrichtung für Umlenktrommeln in der Fördertechnik. Durch die flexible Konstruktion der Schweißvorrichtung wird die ganze Bandbreite der herzustellenden Trommelgrößen abgedeckt. Die in die Praxis umgesetzte Konstruktion kann die Ansprüche an den Arbeits- und Gesundheitsschutz und die Ergonomie moderner Arbeitsplätze erfüllen. Im Sinne eines effektiveren Einsatzes personeller und technischer Ressourcen können Produktionsprozesse in der Fördertechnik optimal gestaltet werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Vorbetrachtung	2
2.1 Prozessanalyse	2
2.1.1 Ist-Zustand	5
2.1.2 Lösungsansätze	9
2.1.3 Soll-Zustand.....	11
2.2 Schweißverfahren	14
2.3 Anforderungsliste	16
3. Konstruktion.....	17
3.1 Untergestell	18
3.1.1 Grundform.....	18
3.1.2 Linearführung.....	21
3.2 Reitstock.....	23
3.2.1 Arretierung	24
3.3 Mittelbock	25
3.4 Hydraulik	26
3.4.1 Spannzylinder	26
3.4.2 Hubzylinder	31
3.4.3 Hydraulikprojektierung	32
3.5 Antriebseinheit.....	36
4. Schlussbetrachtung	37
5. Literaturverzeichnis.....	39
6. Abbildungsverzeichnis	40
7. Tabellenverzeichnis	41
8. Eidesstattliche Erklärung	42
9. Anlagenverzeichnis.....	43

1. Einleitung

Das Thema der Bachelorarbeit entstand während des studentischen Praktikums im Unternehmen Kühne Förderanlagen.

Die Firma Kühne Förderanlagen mit Sitz in Lommatzsch steht für individuellen Förderanlagenbau seit 1949. Vom Gurtbandförderer über Landbänder bis zum Steigband und Kettengurtförderer wird das komplette Spektrum abgedeckt. Hinzu kommen besondere Auf- und Übergabeelemente wie Dosierbunker, Wiegesysteme und mobile Entladegeräte.

Das 50 Mitarbeiter umfassende Firmenteam bietet im Rahmen des Förderanlagenbaus umfangreiche Dienstleistungen wie Beratung, Planung, Konstruktion über Fertigung bis hin zur Endmontage an.

Zur Optimierung der Produktivität und Sicherheit bei der Trommelfertigung für Umlenktrommeln in der Fördertechnik erwog die Firma Kühne Förderanlagen bereits seit längerer Zeit die Entwicklung einer Schweißvorrichtung für den Eigenbedarf. Da die Schweißung der Umlenktrommeln bisher mit einem manuellen Verfahren sehr aufwendig und aufgrund zahlreicher Arbeitsschritte zeitraubend war, wurde der Verfasser dieser Arbeit mit der Entwicklung und Konstruktion einer Schweißvorrichtung für Umlenktrommeln in der Fördertechnik beauftragt.

Diese Bachelorarbeit umfasst zunächst die Analyse der bisherigen Trommelfertigung sowie die Betrachtung verschiedener Umsetzungsvarianten. Anschließend wird, neben der Prüfung der technischen Voraussetzungen und der Erstellung der Anforderungsliste, die konstruktive Ausarbeitung der Schweißvorrichtung bis hin zur Betrachtung der zukünftigen Arbeitsweise dargestellt.

2. Vorbetrachtung

2.1 Prozessanalyse

Im folgenden Abschnitt werden alle Informationen und Daten gesammelt, die zur Anforderungslistenauslegung erforderlich sind. Hierzu gehören Abmaße der Trommelkörper zur Festlegung des maximalen Arbeitsraums, die Betrachtung der Fertigungsschritte sowie ergonomische Aspekte und Optimierungsmöglichkeiten.

Der Trommelkörper bestimmt mit seinen Abmaßen sowie seiner Masse maßgeblich die Konstruktionseigenschaften der Schweißvorrichtung. In der Fördertechnik unterscheidet man zwischen Antriebstrommeln und Spanntrommeln. Die Größe der Trommeln ist dabei vom Bandtyp, der Gurtbereite, Gurtlänge sowie vom Fördergut und dem Antriebsmoment abhängig. In der folgenden Abbildung ist eine Trommel mit ihren einzelnen Bestandteilen dargestellt.

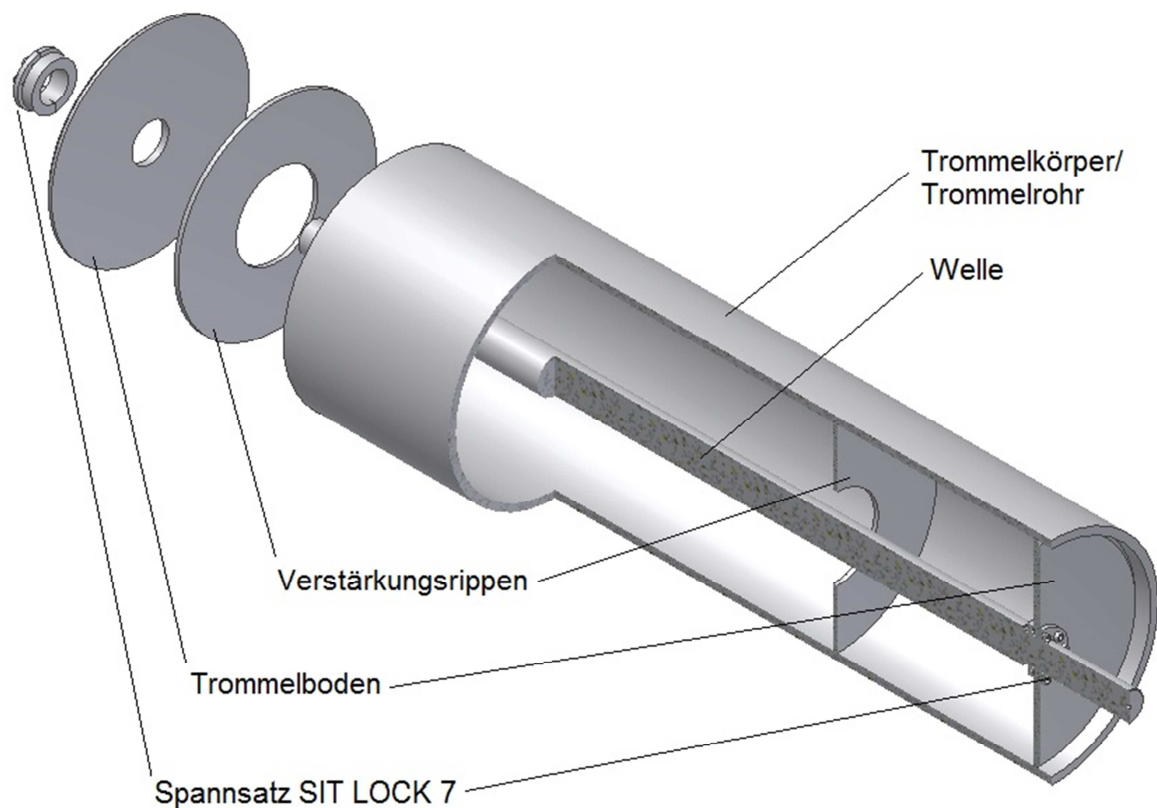


Abb. 1: Übersichtdarstellung Trommel

Die nachfolgenden Tabellen listen alle Trommeltypen auf, die in der Firma Kühne Förderanlagen hergestellt und verbaut werden. Die Trommel setzt sich jeweils zusammen aus einem Trommelkörper, zwei Trommelböden und bis zu drei Verstärkungsrippen, deren Anzahl in Abhängigkeit der Trommellänge variiert. Die Unterscheidung erfolgt nach Abmaßen der Trommelkörper und Trommelböden sowie der Masse der Antriebstrommel bzw. Spanntrommel mit Trommelböden.

Tab. 1: Abmaße Trommelkörper

<u>Bezeichnung</u>	Außen-Ø [mm]	Innen-Ø [mm]	Wandstärke [mm]
Ø220	219	203	8
Ø320	324	304	10
Ø420	419	394	13
Ø520	508	480	14
Ø620	610	578	16

Tab. 2: Abmaße Trommelböden

<u>Bezeichnung</u>	Außen-Ø [mm]	Innen-Ø [mm]	Wandstärke [mm]	Masse pro Boden [kg]
Ø220	203	80	25	5
Ø320	304	80	25	13
Ø420	394	90	15	14
Ø520	480	90	15	21
Ø620	578	204	15	27

Tab. 3: Massen Antriebstrommeln mit Trommelböden [kg]

Gurtbreite [mm]	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600
Trommellänge [mm]	290	390	540	690	890	1090	1290	1490
<u>Bezeichnung</u>								
Ø220	12,1	16,2	22,5	28,7	37,1	45,4	53,7	62,1
Ø320	22,4	30,2	41,8	53,4	68,9	84,4	99,9	115,3
Ø420	36,3	48,9	67,7	86,5	111,5	136,6	161,7	186,7
Ø520	49,5	66,5	92,1	117,7	151,8	185,9	220,0	254,1
Ø620	68,0	91,4	126,6	161,7	208,6	255,5	302,4	349,2

Tab. 4: Massen Spanntrommeln mit Trommelböden [kg]

Gurtbreite [mm]	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600
Trommellänge [mm]	470	570	720	870	1070	1270	1470	1670
<u>Bezeichnung</u>								
Ø220	19,6	23,7	30,0	36,2	44,6	52,9	61,2	69,6
Ø320	36,4	44,1	55,7	67,3	82,8	98,3	113,8	129,3
Ø420	58,9	71,4	90,2	109,0	134,1	159,1	184,2	209,3
Ø520	80,2	97,2	122,8	148,4	182,5	216,6	250,7	284,8
Ø620	110,2	133,6	168,8	203,9	250,8	297,7	344,5	391,4

2.1.1 Ist-Zustand

Um die Arbeitsabläufe bei der Trommelfertigung analysieren und optimieren zu können, erfolgte vor Konstruktionsbeginn eine ausführliche Sachstandsaufnahme des Herstellungsprozesses im Arbeits-Ablauf-Protokoll (siehe Anlagen).

Dieser Schritt diene zur Erkennung von Optimierungspotenzialen und zur Festlegung von Konstruktionsschwerpunkten.

Die Aufnahme des Ist-Zustandes erfolgte im Rahmen eines zweitägigen Aufenthalts in der Fertigung. Dabei wurde die komplette Fertigung einer Antriebstrommel mit den Abmaßen $\varnothing 320 \times 1350 \text{ mm}$ sowie einer Antriebswelle mit den Abmaßen $\varnothing 95 \times 1782 \text{ mm}$ begleitet. Alle erforderlichen Arbeitsschritte vom Drehen über Schweißarbeiten bis hin zur Endmontage der Trommel wurden eingehend betrachtet und zur Vorbereitung der konstruktiven Arbeit aufgenommen.

Um den momentanen Zustand darzulegen, werden nachfolgend die Arbeitsschritte für die Herstellung einer Antriebstrommel mit Antriebswelle im Ist-Zustand beschrieben.

Voraussetzung für das bisherige Herstellungsverfahren ist die Vorfertigung der Antriebswelle. Die Antriebswelle als rotationssymmetrisches Teil wird auf der Drehmaschine gefertigt. Grundlage für die Welle ist warm gewalzter Rundstahl nach DIN EN 10060 mit einem Durchmesser von 100mm und einer Länge von 1785mm aus Vergütungsstahl C45.

Die Antriebswelle wird durch die Hohlspindel der Drehmaschine ins Spannfutter eingespannt. Nun kann der erste Wellenzapfen plangedreht und die Zentrierspitze eingebracht werden. Durch die Länge von 1785mm besteht bei der weiteren Bearbeitung die Gefahr des Durchbiegens. Dies wird mithilfe eines Setzstocks, auch Lünette genannt, verhindert. Die Lünette benötigt eine runde Auflagefläche, diese wird kurz hinter den gewünschten Wellenzapfen bzw. mittig der Welle eingebracht.

Zur weiteren Bearbeitung muss die Lünette auf die Drehmaschine montiert werden, dazu wird die Antriebswelle demontiert. Nach Montage der Lünette wird die Antriebswelle mit dem plangedrehtem Wellenzapfen ins Spannfutter eingebaut und auf die Lünette aufgelegt, um den zweiten Wellenzapfen plandrehen zu können und die Zentrierbohrung einzubringen. Damit die Wellenzapfen weiterbearbeitet werden können, muss die Drehmaschine umgerüstet werden. Dazu wird die Welle ausgebaut und mit dem Mitnahmeherz versehen. Das Mitnahmeherz überträgt die

Drehbewegung des Spannfutters auf die Welle. In die Hohlspindel wird die Zentrierspitze eingebaut. Diese gewährleistet das genaue Fluchten der Welle während der weiteren Bearbeitung. Wenn alle Rüstmaßnahmen abgeschlossen sind, kann die Welle mit Mitnahmeherz zwischen den Spitzen eingebaut werden. Bei langen Drehteilen wird mittig noch die Lünette als Führungsunterstützung eingesetzt. Der Rechte und Linke Wellenzapfen wird jetzt auf die gewünschten Nennmaße überdreht und die benötigte Passung mit Fase kann eingebracht werden. Die Welle ist jetzt fertig und kann gelagert werden.

Als Halbzeug für den Trommelkörper wird ein rundes Hohlprofil nach DIN EN 10210-1 verwendet. Diese warm gewalzten Profile werden auf Länge zugesägt geliefert. Zuerst wird der Trommelkörper mithilfe der Kranbahn zum Arbeitstisch transportiert. Dort werden die Abmaße wie Innendurchmesser, Wandstärke und Länge überprüft und vermessen. Die Hohlprofile bestehen aus warmgewalzten Stahl und sind somit von Zunder bedeckt, dieser wird im Rahmen der Schweißnahtvorbereitung im Bereich der Trommelböden und Verstärkungsrippen durch einen Winkelschleifer mit Scheibenbürste entfernt.

Die Trommelböden und Verstärkungsrippen werden auf der Drehmaschine so bearbeitet, dass ihr Außendurchmesser ca. 2mm kleiner ist als der Trommelinnendurchmesser. Der Trommelboden wird zudem noch mit einer 5-8mm Fase am Außenrand versehen. Dadurch wird Zunder entfernt und man erzeugt eine gute Nahtvorbereitung für die Kehlnaht. Am Innendurchmesser des Trommelbodens wird eine H8 – Passung eingedreht und die Seitenflächen auf 20mm Durchmesser plangedreht. Bei den ringförmigen Verstärkungsrippen werden Innen- und Außendurchmesser so bearbeitet, dass die Welle ausreichend Platz hat und der Ring spielend in den Trommelkörper passt.

Die Verstärkungsrippen werden mit 4 Kehlnähten, die um 90° versetzt angeordnet sind, im Trommelkörper fixiert.

Die Montage der Trommelböden erweist sich als erheblich schwieriger, da diese zueinander fluchten müssen. Die Welle wird je nach Gewicht von Hand oder durch einen Hubwagen in den Trommelkörper eingefügt und auf die Verstärkungsrippen aufgelegt. Anschließend werden die Trommelböden mit Spannsätzen auf die Wellenzapfen geschoben. Da die Welle noch auf den Verstärkungsrippen aufliegt, muss die Welle beidseitig angehoben werden, um den Trommelboden einzuführen. Ist dann alles verbaut, werden die Trommelböden im Trommelkörper in die richtige Tiefe gebracht und die Spannsätze leicht angezogen. Falls das Hohlprofil sehr große

Rundungsabweichungen hat, werden die Trommelböden mittels kleiner Holzkeile zentriert. Die Lage der Trommelböden wird durch 4-6 Punktnähte fixiert, nachfolgend werden die Spannsätze wieder gelöst und zusammen mit der Welle demontiert.

Mit Unterstützung der Kranbahn wird der Trommelkörper aufgerichtet und senkrecht auf den Drehtisch gestellt. Um möglichst verzugsarm zu schweißen, wird bei großen Trommeln die Schweißstelle mit dem Brenner vorgeglüht. Direkt danach werden 2-3 a4 Kehlnähte gesetzt und somit Trommelboden mit Trommelkörper fest verschweißt. Das Anbringen von drei Schweißnähten dauert ca. 15min. In dieser Zeit muss der Schweißbrenner dauerhaft vom Schweißer gehalten werden. Dies erfolgt je nach Trommelgröße in Zwangslage. Nach einer zwanzig minütigen Abkühlphase wird der Trommelkörper gedreht und der Vorgang wiederholt.

Nach diesen Arbeitsgängen muss der Trommelkörper an sich noch bearbeitet werden. Bevor dies erfolgen kann, muss die Drehmaschine umgerüstet werden. Im Reitstock wird die mitlaufende Körnerspitze entfernt und durch ein Spannfutter ersetzt. Der Trommelkörper wird mithilfe der Kranbahn zur Drehmaschine transportiert und dort in die Spannfutter eingespannt. Es werden zwei Bearbeitungsschritte auf der Drehmaschine durchgeführt. Erstens wird der Trommelkörper auf Nennlänge plangedreht. Zweitens wird die Außenfläche ballig gedreht. Dazu wird je nach Trommellänge die Trommel in 3-5 Bereiche aufgeteilt. Diese Bereiche werden stufenweise von innen nach außen längs überdreht. Je nach Schnitttiefe ist dieser Vorgang mehrfach zu wiederholen.

Sind diese beiden Arbeitsschritte absolviert, wird die Trommel ausgespannt und auf den Arbeitstisch transportiert. Dort wird die Welle mit Spannsätzen in den Trommelkörper eingesetzt. Dafür wird wieder der Kran bzw. die Hebebühne verwendet. Bevor die Spannsätze mittels eines Drehmomentenschlüssels festgezogen werden, wird die Lage der Welle vermittelt bzw. ausgerichtet. Somit ist die Endmontage des Trommelkörpers mit Welle abgeschlossen.

Der Trommel fehlt jetzt nur noch ein wichtiger Bestandteil und das ist die Gummierung. Die Gummierung ist eine ca. 10mm dicke Gummimatte mit Rautenmuster, die auf die Außenfläche der Trommel geklebt wird. Um eine bestmögliche Klebeverbindung herzustellen, müssen beide Verbindungsflächen möglichst rau sein. Die Gummimatte wird auf der Klebefläche mit einer Schleifscheibe angeraut und anschließend von Schmutz befreit.

Die Außenfläche der Trommel ist durch das ballig drehen mit sehr feinen radialen Riefen versehen. Werden diese nicht beseitigt, kann es bei hohen Drehmomenten

zum Rutschen der Gummierung kommen. Durch das Auftragen einer Profilierung auf den Trommelkörper wird dieses Problem behoben. Mit einem Winkelschleifer wird quer zur Drehrichtung geschliffen und somit alle Drehrillen beseitigt. Nach der Bearbeitung beider Klebflächen wird 2-Komponenten-Klebstoff auf die Gummimatte aufgetragen und über den Trommelkörper gerollt.

Nach dem Aushärten des Klebstoffes und dem Lackieren der Trommelböden ist die Fertigung abgeschlossen und der Einbau ins Förderband kann erfolgen.

2.1.2 Lösungsansätze

In Zusammenarbeit mit der Geschäftsführung und dem Konstruktionsleiter der Firma Kühne Förderanlagen wurden in einer Diskussionsrunde mehrere Lösungsansätze betrachtet. Am Anfang des Gespräches erfolgte eine ausführliche Darlegung des Herstellungsprozesses einer Trommel. Die einzelnen Teilprozesse der Herstellung wurden bereits im Kapitel 2.1.1 ausführlich dargestellt. Grundsätzlich soll die Fertigung der Wellen von der Herstellung der Trommeln losgelöst sein und eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen angestrebt werden.

Folgende drei Lösungsansätze wurden in Hinblick ihrer Arbeitsweise diskutiert:

Lösungsansatz 1

Ersatz der Welle durch ein Montagerohr

Das Montagerohr ersetzt die Welle im bisherigen Arbeitsverfahren. Trommelböden und Spannsätze werden durch das Montagerohr aufgenommen und im Trommelkörper fixiert. Die vormontierte Konstruktion wird in die Schweißvorrichtung eingelegt. Über einen Antrieb wird eine rotierende Bewegung erzeugt. Die Trommelböden werden mittels Schweißstativen parallel eingeschweißt. Die losgelöste Wellenfertigung und das parallele Schweißverfahren sind bei dieser Lösung als vorteilhaft zu werten. Nachteilig hingegen ist die weiterhin erforderliche manuelle Vormontage der Trommelkonstruktion.

Lösungsansatz 2

Entfallen der manuellen Vormontage

Lagerung des Trommelkörpers auf zwei parallel laufende Rollenböcke, von denen einer angetrieben wird. Die Trommelböden werden über klappbare Haltekonstruktionen im Trommelkörper mit Heftnähten fixiert. Nach Entfernen der Halterungen werden mittels Handschweißen die Trommelböden im Trommelkörper nacheinander eingeschweißt. Vorteilhaft an dieser Arbeitsweise ist das Entfallen der Vormontage der Wellen. Das manuelle und schrittweise aufeinanderfolgendes Einschweißen der Trommelböden ist jedoch als nachteilig zu werten.

Lösungsansatz 3

Entfallen der manuellen Vormontage, automatisches paralleles Schweißen

Der Trommelkörper wird in die Schweißvorrichtung eingelegt und über die Unterkonstruktion in der Höhe justiert. Die Trommelböden werden mittels eines Einspannverfahrens in den Trommelkörper eingebracht und gehalten. Im eingespannten Zustand wird der Trommelkörper in Rotation versetzt. Mittels an der Konstruktion angebrachte Schweißstative werden die Trommelböden parallel eingeschweißt. Die entscheidenden Vorteile an dieser Arbeitsweise sind das Entfallen der Vormontage der Welle und die Realisierung des parallelen Schweißens.

Der Lösungsansatz 3, als favorisierter Ansatz, soll ausführlich in der nachfolgenden Soll-Zustand untersucht und betrachtet werden.

2.1.3 Soll-Zustand

Der Soll-Zustand dient dem Erläutern der zukünftigen Arbeitsschritte mit der geplanten Schweißvorrichtung.

Zur Thematik der Wellenfertigung ist zu bemerken, dass sich diese im Herstellungsverfahren zum Ist-Zustand nicht unterscheidet. Daher wird dieser Vorgang hier nicht noch einmal im Speziellen erläutert. Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass zukünftig die Wellen zur Zwischenmontage beim Fertigungsprozess der Trommeln, im Gegensatz zum Herstellungsverfahren im Ist-Zustand, nicht erforderlich sind.

Die Trommelfertigung beginnt mit dem Ausbohren des zugesägten Trommelrohres auf dem Bohrwerk. In diesem neuen Arbeitsschritt wird der Innendurchmesser des Trommelrohrs auf einer Länge von ca. 40-50mm ausgebohrt, um einen Gegenanschlag für die Trommelböden zu schaffen. Durch das Ausbohren des Trommelinnendurchmessers entsteht eine blanke Fläche, welche der Nahtvorbereitung dient. Weiterhin wird beidseitig im Trommelrohr derselbe Innendurchmesser erzeugt.

Die Fertigung der Trommelböden und Verstärkungsrippen erfolgt auf der Drehmaschine. Durch den gleichmäßigen Innendurchmesser ist die Vorfertigung der Trommelböden auf standardisierte Durchmesser möglich.

Anschließend wird das Trommelrohr zum Arbeitstisch transportiert. Dort werden die Verstärkungsrippen durch partielle Schweißnähte im Trommelrohr fixiert.

Es erfolgt ein Weitertransport auf die Schweißvorrichtung. Das Trommelrohr wird auf den Mittelböcken abgelegt und durch die Hubzylinder auf die Höhe der Spannzyylinder eingerichtet. Die Trommelböden werden beidseitig in das Trommelrohr eingelegt. Durch horizontales Verschieben der Mittelböcke wird das Trommelrohr am Gegenlager ausgerichtet. Vor Beginn des Spannvorganges wird der Reitstock so nah wie möglich an das Trommelrohr heran geschoben und im Untergestell arretiert. Durch Ausfahren des Spannzyinders werden die Trommelböden bis zum Gegenanschlag in das Trommelrohr geschoben und durch die stetig anliegende Druckkraft gehalten. Anschließend werden die Hubzylinder in ihre Ausgangsposition gefahren. Das Trommelrohr hängt somit frei.

Die Schweißhalterung wird jetzt auf die herzustellende Schweißnahtposition eingerichtet. Das beidseitige Vorwärmen der Trommelbauteile erfolgt parallel in

einem Arbeitsschritt mittels Brenner, der an der Schweißhalterung befestigt ist. Während dieses Vorgangs führt das Trommelrohr eine gleichmäßige Rotationsbewegung aus. Nach dem Vorwärmen kommt es zum eigentlichen Schweißvorgang. In Abhängigkeit des Trommeldurchmesser wird über ein Potentiometer die Drehzahl eingestellt und der Schweißvorgang gestartet.

Nach dem parallelen Start beider Schweißbrenner führt das Trommelrohr eine 365° Umdrehung aus und die Schweißnähte werden gezogen. Wenn bei großen Trommeldurchmessern mehrere Schweißnähte übereinander gelegt werden, müssen die Schweißbrenner nach jeder vollen Umdrehung kurz nachjustiert werden.

Nach Beenden des Schweißvorganges kann die Trommel ausgespannt werden und ist für weitere Arbeitsschritte bereit. Zur Fertigstellung der kompletten Trommel wird diese ballig gedreht, die Welle eingesetzt und die Gummierung aufgebracht.

Die Abbildung 2 auf Seite 13 stellt die beschriebenen Prozesse im Überblick dar. Im Vergleich der einzelnen Arbeitsgänge der beiden Prozesse fällt hier eine deutliche Vereinfachung der komplexen Trommelfertigung im dargestellten Soll-Zustand auf.

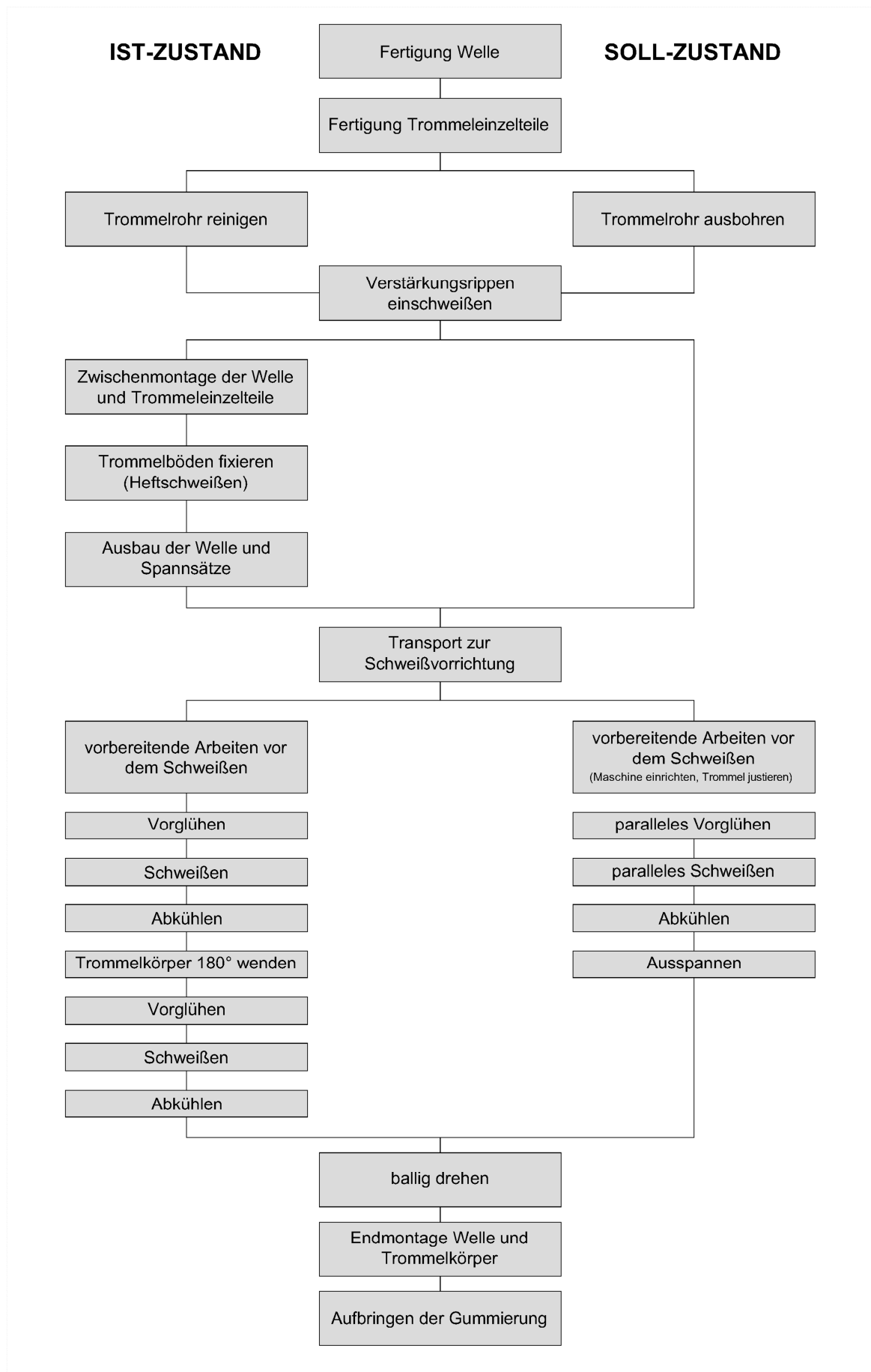


Abb. 2: Ist-Soll-Vergleich der Arbeitsgänge

2.2 Schweißverfahren

Als Basis für die Erstellung der Anforderungsliste ist die Betrachtung des angewendeten Schweißverfahrens erforderlich. Das Einschweißen der Trommelböden erfolgt im Metall-Schutzgasschweißverfahren.

Bei Schutzgasschweißen entsteht das Schweißbad durch das Einwirken eines Lichtbogens. Dieser brennt sichtbar zwischen einer Elektrode und dem Werkstück oder zwischen zwei Elektroden. Elektrode, Lichtbogen und Schweißbad werden gegen die Atmosphäre durch ein eigens zugeführtes Schutzgas abgeschildert. Wenn es sich dabei um ein inertes Schutzgas wie Argon oder Helium handelt, spricht man vom Metallinertgasschweißen (MIG). Das Metallaktivgasschweißen (MAG) verwendet als Schutzgas entweder reines CO₂ oder einem Mischgas aus Argon und geringen Anteilen CO₂ und O₂. Der MIG-Prozess eignet sich für höher legierte Stähle sowie NE-Metalle und deren Legierungen, während der MAG-Prozess zum Schweißen unlegierter und niedriglegierter Stähle eingesetzt wird (vgl. Fahrenwald & Schuler 2006).

Heutige universelle MIG-/ MAG- Schweißgeräte enthalten alle wichtigen Komponenten wie Schweißstromquelle mit Steuergerät und Drahtvorschubeinheit. Je nach Gerät ist dabei die Drahtvorschubeinheit in der Stromquelle integriert oder davon gelöst, um diese näher am Arbeitsplatz positionieren zu können. Durch die eigenständige Bauweise der Schweißgeräte können diese bei Bedarf auch anderweitig in der Produktion genutzt werden.

Der Schweißprozess als Hauptaufgabe der Schweißvorrichtung bestimmt maßgeblich die Konstruktionsbedingungen. So ist zum Beispiel die Trommeldrehgeschwindigkeit von der Schweißgeschwindigkeit abhängig. Die Umrechnungen vom Umfang zur erforderlichen Drehgeschwindigkeit sind der Tabelle 5 zu entnehmen.

Die durchschnittliche Schweißgeschwindigkeit für eine a4 Kehlnaht beträgt bei einer Blechdicke von 10mm 60cm/min. Durch die unterschiedlichen Durchmesser der einzelnen Trommeltypen ergeben sich verschiedene Kreisumfänge, wodurch sich bestimmte Drehzahlen je Trommeltyp bilden.

Weiterhin werden bei großen Trommeldurchmessern bis zu drei Kehlnähte übereinander gelegt, um eine ausreichend Nahtdicke bei gutem Flankeneinbrand zu erreichen. Schweißt man hingegen nur eine Naht, benötigt man mehr Zeit zum Aufschmelzen des Materials und muss somit langsamer schweißen.

Tab. 5: Tabelle der Umrechnung des Umfanges zur Drehgeschwindigkeit

<u>Bezeichnung</u>	Innen-Ø [mm]	Umfang [mm]	Drehzahl [1/min]
Ø220	203	638	0,94
Ø320	304	955	0,63
Ø420	394	1238	0,48
Ø520	480	1508	0,40
Ø620	578	1816	0,33

Ein weiterer wichtiger Aspekt der beachtet werden muss, ist dass die Schweißnaht bei Schweißbeginn noch nicht voll ausgebildet ist. Um trotzdem eine geschlossene und saubere Naht zu erhalten, wird das Nahtende über die Anfangsnaht geschweißt. Konstruktiv bedeutet das, dass eine Trommelrotation nicht bereits nach 360° sondern erst nach 365° beendet wird.

Die Rotation der Trommel darf auch nur dann starten, wenn beide Schweißbrenner einen konstanten Lichtbogen gebildet haben. Diese Maßnahme soll verhindern, dass es zu einem Versatz der beiden Schweißnähte kommt und somit eine Schweißnaht nicht vollständig geschlossen wird.

Auf Basis der Daten der Prozessanalyse, des erforderlichen Schweißverfahrens sowie der Abmaße der zu fertigenden Trommel wird zur Vorbereitung der Konstruktion eine Anforderungsliste erstellt, welche nachfolgend dargestellt ist. Anschließend wird die eigentliche Konstruktion der Schweißvorrichtung beschrieben. Alle Schritte im Konstruktionsprozess wurden mit der Software Autodesk Inventor 2010 realisiert.

2.3 Anforderungsliste

Merkmale	Beschreibung/ Erklärung	Anforderungen	F/W ¹
Funktion - Hauptfunktion - Nebenfunktion	- einschweißen der Trommelböden - einpressen der Trommelböden	- paralleles Schweißen - Presskraft 10.000N	F F
Geometrie - Arbeitsraum - Anzahl - Anordnung - Erweiterung	- für alle Trommeltypen - Anzahl der Werkstücke pro Arbeitsgang - des Werkstücks in der Maschine - Auflagemöglichkeit für Schleifvorrichtung einplanen	- Ø220-620mm - L 290-1670mm - 1 Trommel - horizontale Lage	F F F F W
Kinematik - Umfangs- geschwindigkeit - Kolben- geschwindigkeit	- pro Trommeltyp $v = 60\text{cm/min}$	- Drehzahl $n = 0,3-1$ 1/min - $v_{\text{Spann}} = 150\text{mm}/10\text{s}$ - $v_{\text{Hub}} = 300\text{mm}/10\text{s}$	F W W
Kräfte	- abgeleitet aus den Trommelmassen	- $F_{\text{Hub}} = 3000\text{N}$ - $F_{\text{Querkräfte}} = 3000\text{N}$	F F
Signale - Lichtbogen- Überwachung	- Überwachung des Lichtbogens der Schweißbrenner beim Schweißen	- Lichtsensor	W

¹ F Forderung
W Wunsch

3. Konstruktion

Dieses Kapitel dient dem näheren Erläutern der Trommelschweißvorrichtung. Dazu gehört das Erklären der Funktion und Funktionsweise jeder Hauptbaugruppe sowie dem Darlegen des Entwicklungsprozesses einzelner Komponenten.

In Abbildung 3 wird die ausgearbeitet Konstruktion zum Lösungsansatz 3 dargestellt. Hiermit soll die Lage der Hauptbaugruppen verdeutlicht werden.

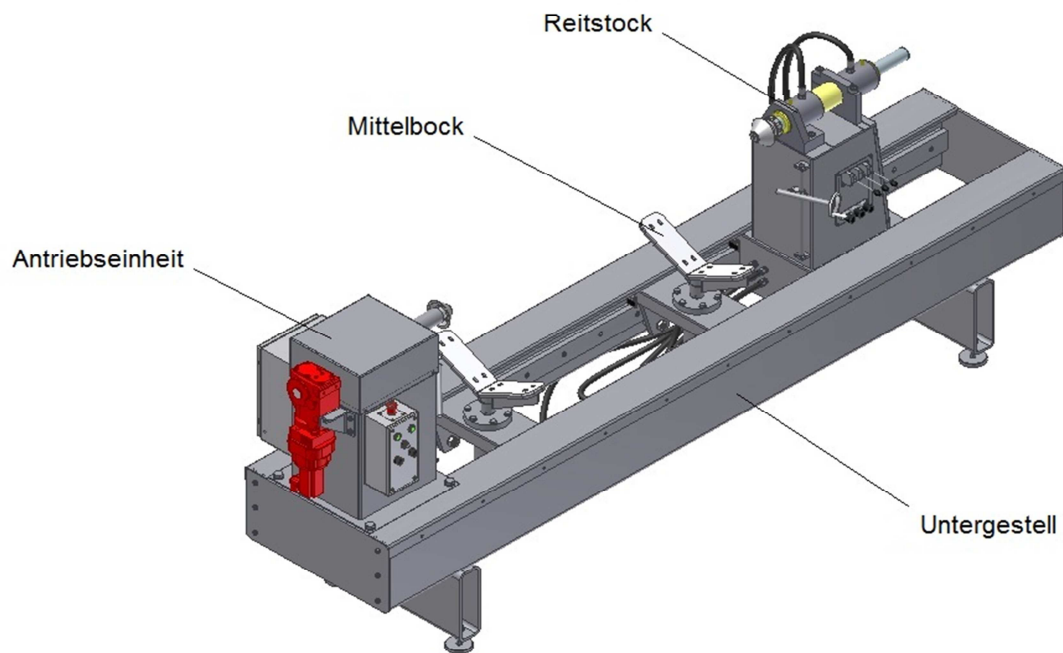


Abb. 3: Trommelschweißvorrichtung

3.1 Untergestell

Das Untergestell ist der tragende und stützende Grundkörper der Schweißvorrichtung und somit eine der wichtigsten Hauptbaugruppen. Es trägt und führt die einzelnen Bau- und Funktionselemente wie Arbeitsspindel, Mittelbock und Reitstock. Die Form wird vor allem durch die Lage und Länge der Bewegungsachsen sowie durch die Höhe der Prozesskräfte und die Zugänglichkeit bei Montage und Wartung bestimmt.

Die gewählte Grundform des Untergestells entspricht einer Drehmaschine in Flachbettausführung. Diese Bauform wird hauptsächlich bei Großdrehmaschinen eingesetzt.

3.1.1 Grundform

An die Grundform werden vor allem Aufgaben an die Aufnahme und Ableitung von Kräften und Lasten aus der gesamten Unterkonstruktion gestellt. Weiterhin soll diese der Linearführung Schutz bieten. Zur Umsetzung wird eine U-förmige Bauteilform angestrebt.

Linearführung mit innenliegenden Führungsrollen

Durch den Wunsch einer U-förmigen Bauform war es naheliegend das Untergestell auf einem U-Profil aufzubauen (Abb. 4). Die Wahl fiel dabei auf warmgewalzten U-Profilstahl mit parallelen Flanschflächen nach DIN 1026-2.

Die obere Flanschfläche bietet eine gute Montagemöglichkeit zur Anbringung der Führungsschiene. Hier wird ein Führungssystem ausgewählt, bei dem die Rollen zwischen zwei Führungsschienen laufen (Abb. 4). Die Wahl fällt auf die GU-Baureihe der Firma Nadella.

Die Form des Untergestelles wird mittels eines U-Profils U300 nach DIN 1026-2 erzeugt. Diese entstehen warmgewalzt und weisen somit sehr große Abweichungen auf. Die Toleranz DIN EN 10279 gibt für dieses warmgewalzte U-Profil eine maximale Abweichung von 10,5mm auf einer Bauteillänge von 3,5m an. Beim Planfräsen der Linearführungsflächen ist dies sehr nachteilig, da viel Material abgetragen werden muss und die Wandstärke geschmälert wird.

Um diese Problematik zu umgehen, wäre es denkbar ein U-Profil aus 12mm starkem Blech zu biegen und Verstärkungsrippen einzuschweißen. Der Vorteil liegt im Erstellen eines wesentlich genaueren U-Profils. Zudem ist die Bearbeitung des Biegeteils einfacher, da Ausklinkungen und Lochbilder schon während des Brennschneidens bzw. Laserschneidens eingearbeitet werden können. Durch die erhöhte Wandstärke bietet sich mehr Bearbeitungsmaterial das beim Planfräsen zum Ausgleichen von Unebenheiten abgetragen werden kann.

Der hohe Fertigungsaufwand sowie die aufwendige Montage der Führungsschienen in Verbindung mit einer schlechten Erreichbarkeit im Wartungsfall führen dazu, dieses Konzept zu überdenken. Die Ausführung der Linearführung mit außenliegenden Führungsrollen wird daher betrachtet.

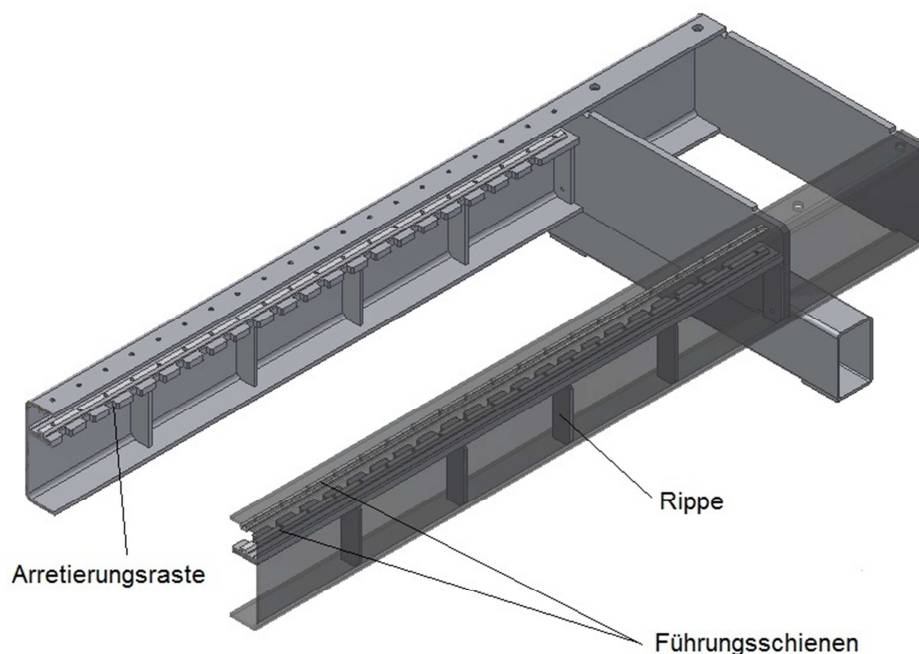


Abb. 4: Untergestell mit innenliegenden Führungsrollen

Linearführung mit außenliegenden Führungsrollen

Bei der Linearführung mit außenliegenden Führungsrollen (Abb. 5) handelt es sich um ein System, bestehend aus einer Profilschiene und Führungsrollen, wobei die Führungsschiene zwischen den Rollen läuft.

Die Ausführung der Linearführung zeichnet sich durch eine leichte Montage und Erreichbarkeit aus. Durch die Wahl dieses Führungssystems ergeben sich weitere Möglichkeiten der Befestigung der Führungsschiene.

Die V-Linien Baureihe benötigt nur eine Profilschiene pro Führung und bietet die Möglichkeit seitlich verschraubt zu werden. Dies erleichtert die Montage. Außerdem minimiert dieser Umstand den Arbeitsaufwand auf zwei Linearführungsflächen. Zur Aufnahme der Profilschiene wird ein Hohlprofil nach DIN EN 10219-2 300x100x10 gewählt. Die Befestigung der Profilschiene erfolgt über Schraubverbindungen. Die Höhe des Profils wird durch die Durchbiegung und den benötigten Platzbedarf der Linearführung bestimmt. Das Hohlprofil ist im Bereich der Führung aller 100mm mit Löchern versehen, in welche die Arretierung einrastet. Zum Schutz der Linearführung wird diese durch ein Abdeckblech geschützt. Dieses ist an der Außenkante des Hohlprofils verschraubt und kann somit im Wartungsfall demontiert werden.

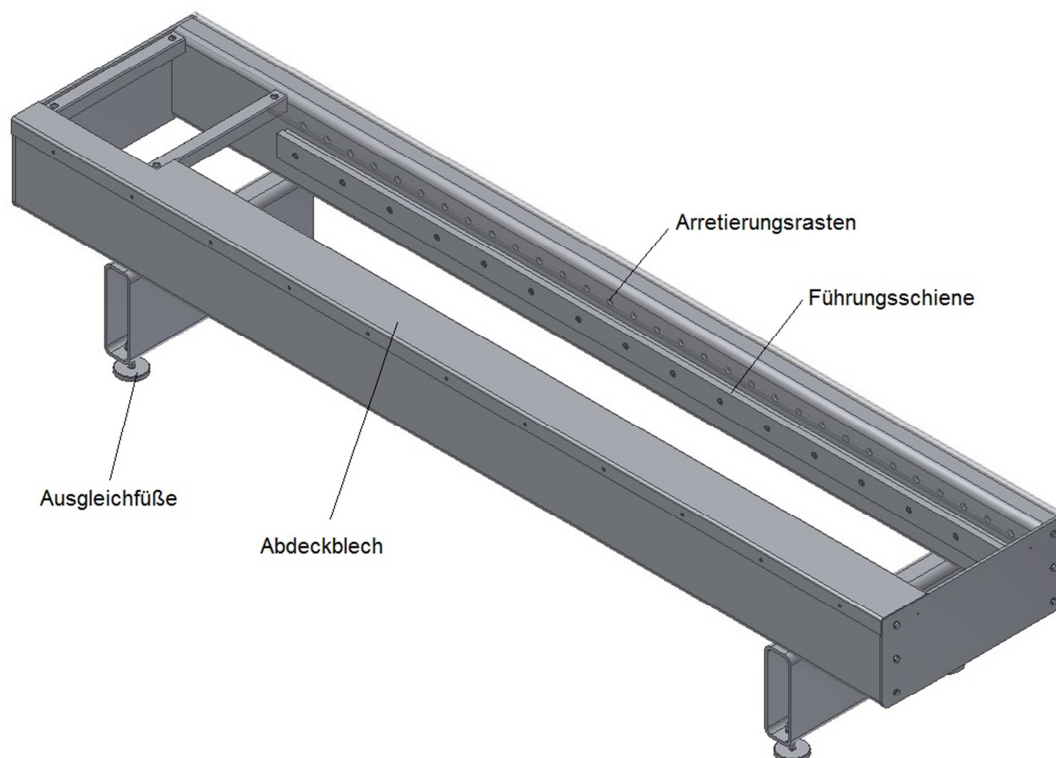


Abb. 5: Untergestell mit außenliegenden Führungsrollen

3.1.2 Linearführung

Die Linearführung dient im System der Aufnahme des Reitstocks und der zwei Mittelböcke. Die gleichmäßige Führung des Reitstocks ist zwingend notwendig, da sich sonst beim Verschieben die Arbeitsachse ändert und es zu Ungenauigkeiten kommt. Was dazu führen kann, dass bei der Endmontage die Welle nicht in den Trommelkörper passt.

Die Linearführung sollte möglichst einfach zu montieren und dabei dennoch kostengünstig bleiben. Aufgrund dieser Kriterien wurde eine Wälzlagerführung gewählt. Die große Auswahl an käuflichen Standardelementen senkt die Kosten und gewährleistet den Nachschub an Ersatzteilen. Die Führungsschienen sind kaltgezogene Profilschienen, welche induktionsgehärtet und sandgestrahlt sind. Diese Verarbeitung stellt eine hohe Lebensdauer bei gleichbleibenden Toleranzen sicher.

Die Führungsrollen bestehen aus Kegelrollenlagern, diese sind für schwierige Anwendungsfälle mit hohen Belastungen oder Stößen geeignet. Die Wälzlager sind mit Dichtungen versehen und somit gegen eindringenden Schmutz und austretendes Schmiermittel geschützt. Dies führt zu einer beinahe Wartungsfreiheit.

Bei der Verwendung von zueinander parallelen Führungsschienen mit verbundenen Wagen ist es von Vorteil eine Festlagerseite und eine Loslagerseite einzuplanen.

Die Loslagerseite erlaubt kleine Ausrichtungsfehler der Schiene, da sie axial beweglich ist. Um dies zu realisieren, gibt es die Möglichkeit zwei gleiche Profilschienen mit Fest und Loslagerrollen (Abb. 6) zu verwenden.

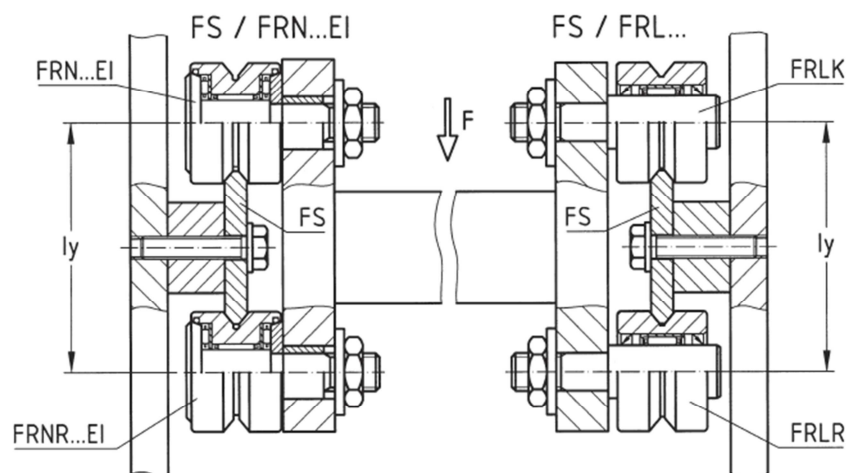


Abb. 6: Prinzipskizze: Fest-Loslager Kombination

Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung von Profilschiene mit Festlagerrollen auf der einen Seite und einer Flachschiene mit Laufrollen (Abb. 7) auf der anderen Seite.

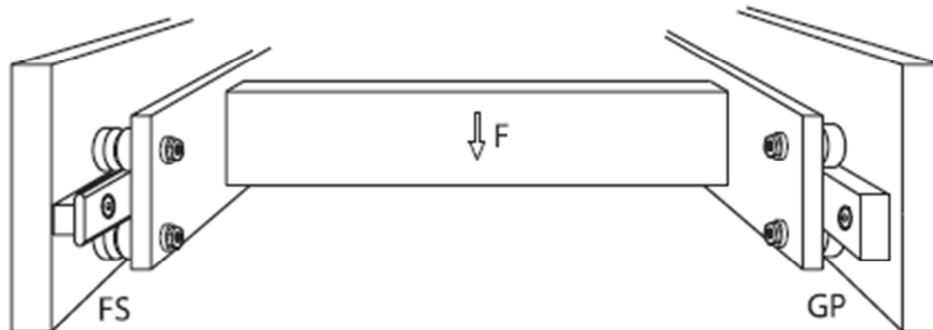


Abb. 7: Prinzipskizze: Festlager Laufrollen Kombination

Aus Gründen der Montage wurde die zweite Lösung gewählt. Denn die Laufrollen müssen nicht extra in die Profilschiene eingefädelt werden, wohingegen bei den Loslagerrollen jede Rolle eine andere Position auf dem Lagerbolzen haben kann. Darüber hinaus ist festzustellen, dass die Flachschiene mit Laufrollen erheblich günstiger ist.

Die Auslegung der Linearführung erfolgt mittels des Berechnungsdatenblatts „Linearführung“ der Firma Nadella und unter Berechnungshinweis, dass bei zueinander parallel laufenden Führungsschienen der Z-Wert in der Berechnung entfällt. Die Kraftverteilung erfolgt gleichmäßig auf beide Seiten.

3.2 Reitstock

Der Reitstock (Abb. 8) ist eine bewegliche Konstruktion, um alle Trommellängen abdecken zu können. Er wird durch die Linearführung im Untergestell geführt. Durch die Wälzlagerführung lässt sich der Reitstock leicht von Hand verschieben und benötigt selbst keinen Antrieb. Die Hauptaufgabe besteht im Übertragen der Prozesskräfte auf das Untergestell, gleichzeitig dient er als Befestigungspunkt für den Spannzylinder, die Arretierung, der Schweißhalterung und dem hydraulischen Bedienpult. Gefertigt wird der Reitstock als Schweißbaugruppe aus S235JR.

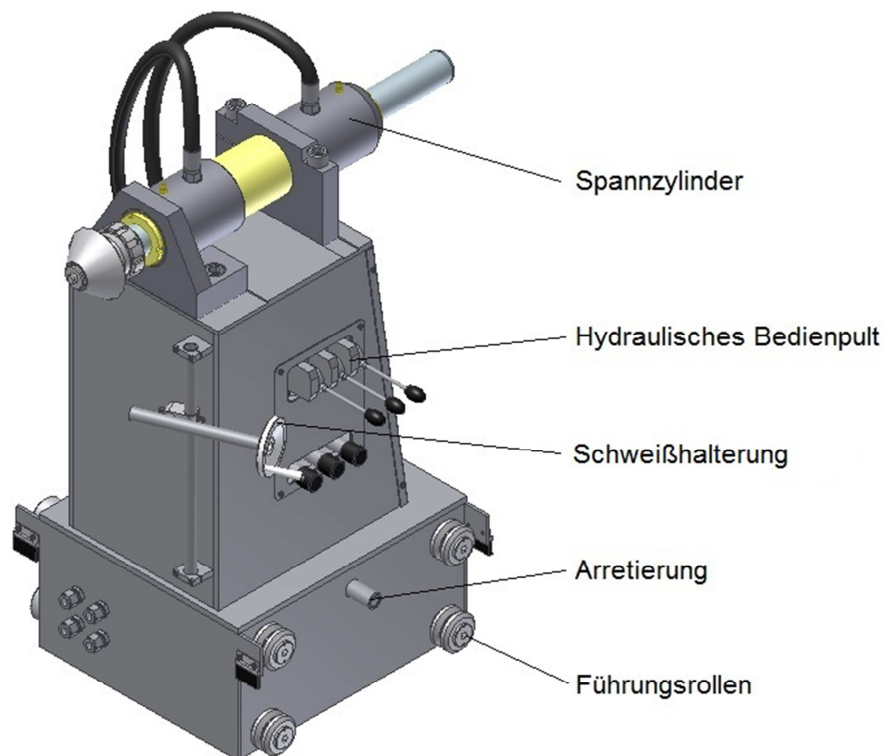


Abb. 8: Reitstock

3.2.1 Arretierung

Da der Reitstock ein bewegliches Teil ist, muss dieser für den Spannvorgang fixiert werden. Diese Aufgabe übernimmt die Arretierung (Abb. 9). Die Arretierung sitzt im unteren Teil des Reitstockes. Hauptbestandteil des Systems sind zwei federbelastete Bolzen. Löst man den Arretierungshebel, werden die Bolzen durch Druckfedern gegen das Untergestell gedrückt. Im Untergestell befinden sich aller 100mm Löcher, in diese die Bolzen beim Verschieben des Reitstockes automatisch einrasten. Durch Spannen der Arretierungshebel werden die Bolzen in ihre Ausgangsstellung gebracht und der Reitstock ist frei beweglich. Das automatische Einrasten soll einen schnellen Spannvorgang gewährleisten und die Bedienung vereinfachen.

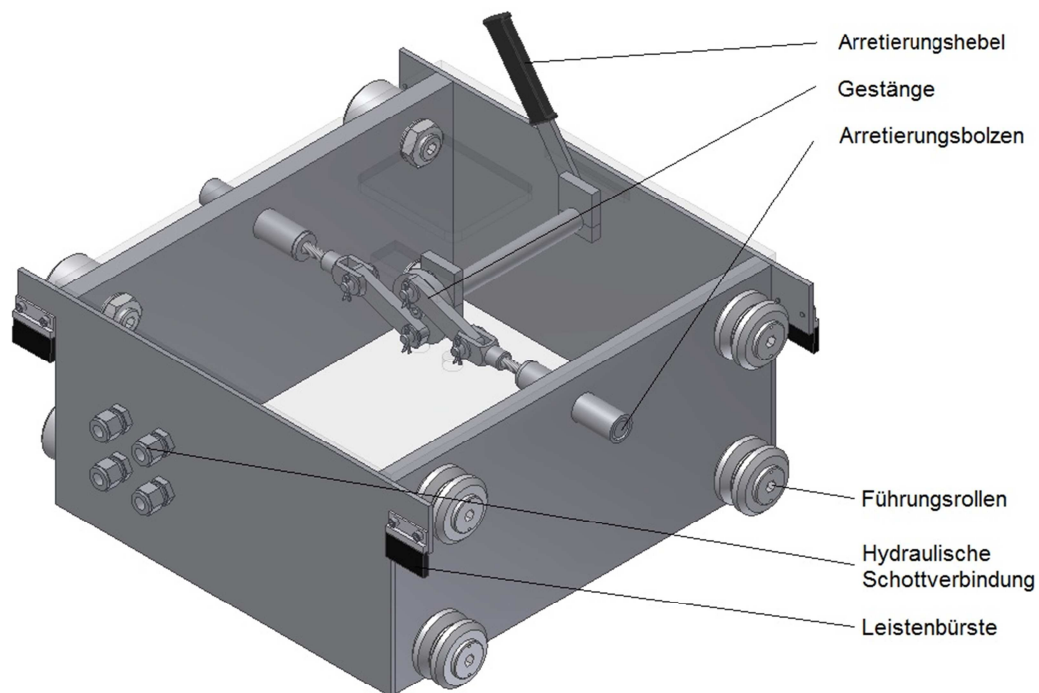


Abb. 9: Arretierung

3.3 Mittelbock

Im System der Schweißvorrichtung gibt es zwei Mittelböcke (Abb. 10). Diese sind wie der Reitstock als bewegliche Einheit konstruiert und werden durch die Linearführung geführt. Der Mittelbock wird ebenfalls manuell verschoben, besitzt jedoch keine Möglichkeit zur Arretierung. In Verbindung mit dem Hubzylinder und der Trommelauflage, die am Mittelbock befestigt sind, dient der Mittelbock der Aufnahme des Trommelkörpers während des Einspannvorgangs. Der Mittelbock ist zudem mit Leistenbürsten versehen, welche die Linearführung von Schweißstaub befreien. Hinzu kommen Gummipuffer die beim Anfahren der Endlagen den Mittelbock dämpfen.

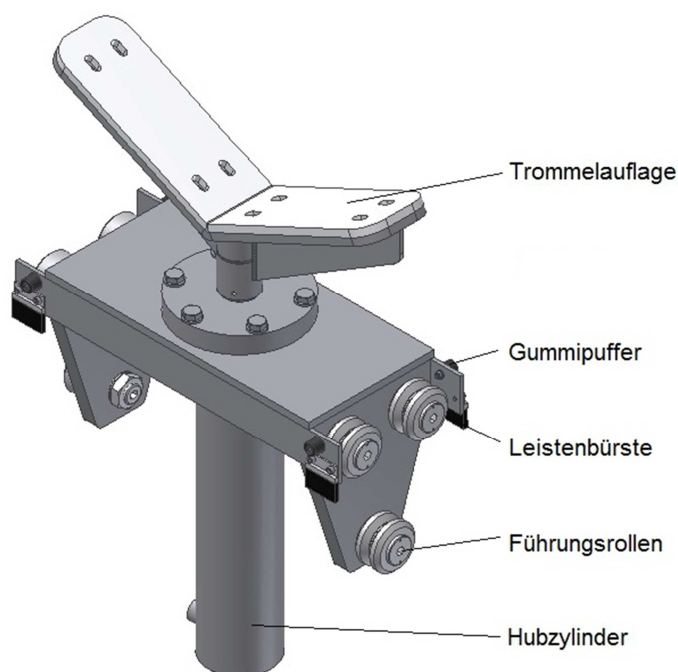


Abb. 10: Mittelbock

3.4 Hydraulik

Die Hydraulik betreibt im System der Trommelschweißvorrichtung die Hubzylinder, die für das Heben und Senken des Trommelkörpers verantwortlich sind und den Spannzylinder der die Trommelböden einspannen. Aufgrund der hohen geforderten Prozesskräfte von 10.000N für den Spannzylinder und 3.000N pro Hubzylinder wurde die Hydraulik als Arbeitsmedium gewählt. Weitere Vorteile sind die robuste Bauweise der Hydraulikkomponenten, der sichere und schnell wirkende Überlastungsschutz durch Druckbegrenzungsventile sowie die gleichförmige Bewegungen wegen der geringen Kompressibilität der Hydraulikflüssigkeit. Als Nachteil ist der Mehraufwand durch Rücklaufleitungen zu bemerken.

3.4.1 Spannzylinder

Der Spannzylinder (Abb. 11) dient im System zur Werkzeugaufnahme und drückt die beiden Trommelböden in den Trommelkörper.

Dieser muss stabil genug ausgelegt werden, um die geforderten 10.000N Presskraft zu erreichen und um die Querkraft von 3.000N aufnehmen zu können.

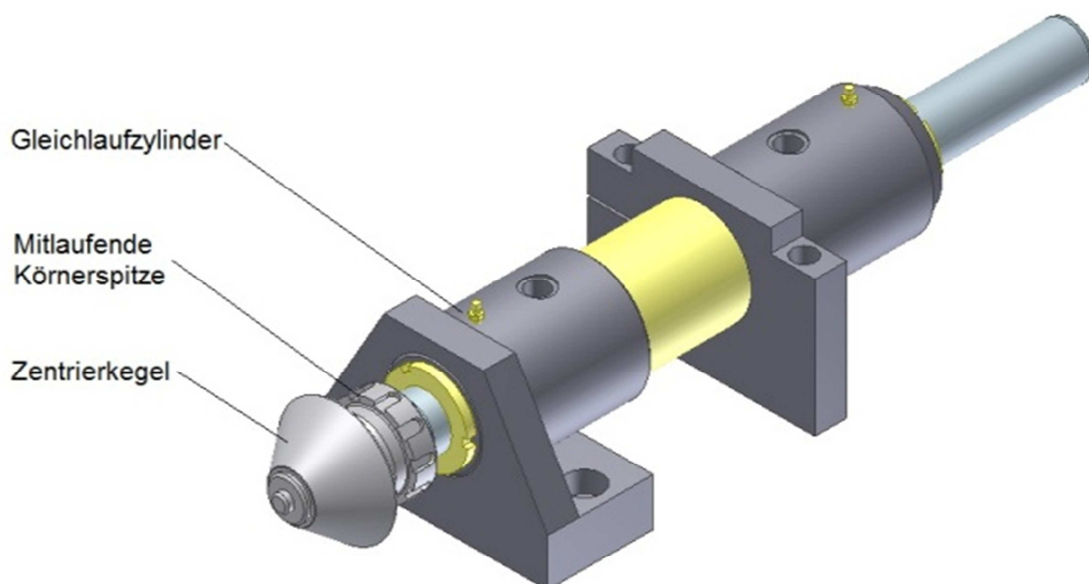


Abb. 11: Spannzylinder

Die wirkende Querkraft entsteht durch das Trommeleigengewicht. In Zusammenhang mit der fliegenden Krafteinleitung werden an die Konstruktion des Spannzylinders besondere Ansprüche gestellt.

Im Zuge der Erarbeitung der Konstruktion wurde zu Beginn die Verwendung möglichst vieler Kaufteile angestrebt, um Kosten und Konstruktionsaufwand so gering wie möglich zu halten.

Zur Werkzeugaufnahme wurde ein Morsekegel aus dem Bereich der Drehmaschinentechnik gewählt. Für die Identifizierung geeigneter Morsekegel waren umfangreiche Recherchen notwendig. Im Rahmen dieser Recherchen wurde die Standard-Pinole mit hydraulischer Betätigung der Firma RÖHM entdeckt.

Hierbei handelt es sich um ein geschlossenes System, welches durch die integrierte, mitlaufende Kegelhülse und die hohe radiale Belastbarkeit in Zusammenhang mit einem maximalen Hub von 150mm durchaus Vorteile bietet. Dieser maximale Hub in Verbindung mit einer Körnerspitzenlänge von ca. 100mm bietet ausreichend Platz und Arbeitsraum für die Schweißbrennerhalterung. Das System ist jedoch für Drehmaschinen ausgelegt und hält somit hohen Drehzahlen stand. Die Anschaffungskosten für die Pinole mit hydraulischer Betätigung belaufen sich auf rund 5.200€. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und in Hinblick darauf, dass der abzudeckende Drehzahlbereich für die Schweißvorrichtung nur zwischen 0,3 bis 1 U/min liegt, wurde nach einer wirtschaftlicheren Lösung gesucht.

Um die Lösungsfindung zu vereinfachen, erfolgte ein Zerlegen der Standard-Pinole in deren Grundbausteine. So ergaben sich Einzelanforderungen an Grundform, Querstabilität, Abfangung der Drehbewegung und die Werkzeugaufnahme.

Grundform

Das Problem der benötigten linearen Bewegung in Verbindung mit der Hydraulik als Kraftübertragungsmedium wurde mittels eines Differenzialzylinders in Fußausführung als Konstruktionsgrundlage gelöst. Differenzialzylinder sind doppelwirkende Zylinder mit einseitiger Kolbenstange, die am häufigsten verbreiteten Bauformen sind die Zugankerbauform und die Rundzylinderform. Rundzylinder gibt es von vielen Herstellern in Bausteinbauweise für unterschiedliche Druckbereiche mit variablem Hub und vielen Befestigungsmöglichkeiten.

Querstabilität

Die geforderte Querkraftaufnahme von 3000N bei einem maximalen Abstand von 250mm bildet ein erhebliches Moment, welches vom Hydraulikzylinder abgefangen werden muss. Wenn zu hohe Querkräfte auf die Kolbenstange wirken, leiden darunter die Dichtringe und es kommt zum raschen Versagen des Zylinders. Im eingefahrenen Zustand (Abb. 12: eingefahrener Differenzialzylinder) ist die Belastung der Kolbendichtungen noch relativ gering, verändert sich jedoch sehr stark zum Nachteil sobald der Zylinder ausfährt.

Im ausgefahrenen Zustand (Abb. 13) wächst, aufgrund des steigenden Abstandes, das Moment erheblich an. Wohingegen der Fall im Zylinder immer ungünstiger wird und die Belastung auf die Dichtungen steigt, was zum schnelleren Dichtungsversagen führt.

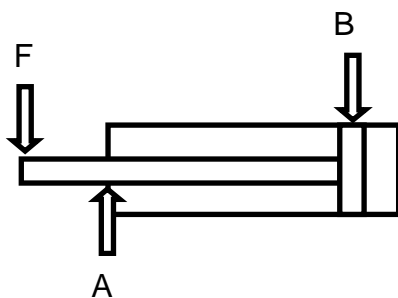


Abb. 12: eingefahrener Differenzialzylinder

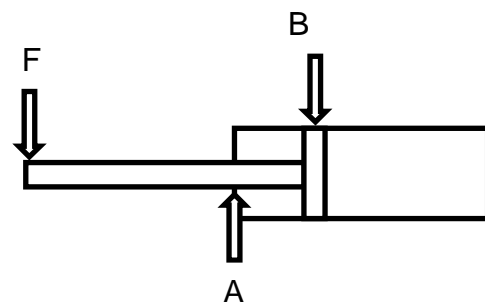


Abb. 13: ausgefahrter Differenzialzylinder

Um die Belastung am Punkt B zu verringern, muss der wirkende Gegenhebel vergrößert werden. Durch die Wahl eines längeren Hydraulikzylinders in Verbindung mit einem mechanischen Anschlag als Hubbegrenzung (Abb. 14), wird diese Bedingung sehr einfach realisiert. Jedoch ist von Nachteil, dass der Zylinder erheblich mehr Platz benötigt. Die Querkraft F ist maximal 250mm vom Zylinder entfernt, somit müsste der Gegenhebel auch mindestens 250mm betragen. Je nach Hersteller kommen bei der Gesamtlänge noch 150-200mm dazu. Dem entsprechend wäre die Zylinderlösung mindestens 700mm lang.

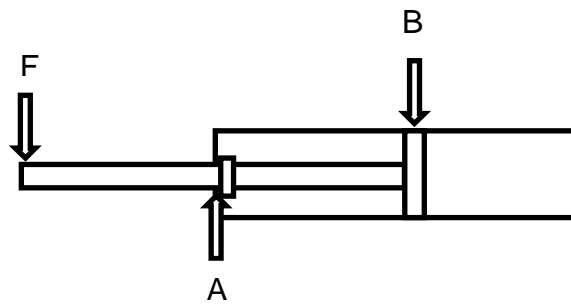


Abb. 14: längerer Differenzialzylinder mit Hubbegrenzung

Durch den Einsatz eines doppelwirkenden Zylinders mit durchgehender Kolbenstange (Abb. 15), auch Gleichlaufzylinder genannt, ist es möglich einen konstanten Gegenhebel bei geringerer Baulänge zu schaffen. Die Kraft B wirkt jetzt nicht mehr direkt auf den Kolben und das Zylinderrohr, sondern wird über die durchgehende Kolbenstange auf den Zylinderboden verteilt. Zylinderkopf und Zylinderboden sind konstruktionsbedingt stabiler ausgelegt als der Zylinderkolben und dienen meist als Befestigungspunkt, wodurch die Kraftansatzpunkte näher beieinander liegen.

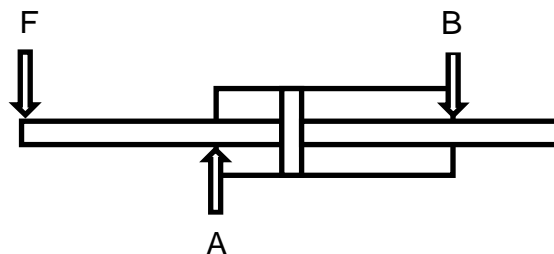


Abb. 15: Gleichlaufzylinder, Vorzugsvariante

Der eingesetzte Spannzylinder basiert auf dem System des doppelwirkenden Zylinders mit durchgehender Kolbenstange. Diese Lösung weist eine hohe Querstabilität bei kurzer Bauweise auf und wird daher bevorzugt.

Abfangung der Drehbewegung

Das Abfangen der Drehbewegung des Trommelkörpers wird bei der Standard-Pinole durch die innenliegende, drehbar gelagerte Kegelhülse übernommen. Wenn man dieses System auf den Hydraulikzylinder übertragen möchte, muss die Kolbenstange einen sehr großen Durchmesser aufweisen, um die Wälzlager samt Kegelhülse aufnehmen zu können. Anstelle eines Zentrierkegels mit festem Aufnahmeschaft wurde diese Problematik durch einen Zentrierkegels mit mitlaufender Körnerspitze und einer Abdrückmutter zur leichten Demontage gelöst. Die mitlaufende Körnerspitze besteht aus einem gehärteten Stahlgrundkörper mit Morsekegelschaft zur Aufnahme im Spannzylinder. Im Inneren befindet sich der drehbar gelagerte Schaft für die Zentrierkegelaufsätze. Der innenliegende Aufnahmeschaft ist durch radiale und axiale Wälzlager geführt. Je nach Größe der Körnerspitze können diese Werkstücke von 1000-3500kg tragen.

Werkzeugaufnahme

Zur Vervollständigung des Spannzylinders fehlt noch der Aufnahmeschaft für die mitlaufende Körnerspitze. Dazu muss ein MK4 Morsekegel in das Kolbenstangenende eingebracht werden. Der Morsekegel als genormte Werkzeugaufnahme unterliegt nach DIN 228-1 genauen Vorschriften und kann aus fertigungstechnischen Gründen nicht durch den Zylinderhersteller eingebracht werden. Für dieses fertigungstechnische Problem gab es zwei Lösungen.

Lösung 1 sieht vor in die Kolbenstange eine zylindrische Bohrung einzubringen. Die Form des Morsekegels wird anschließend durch das Einpressen einer Morsekonus-Hülse eingebracht. Morsekonus-Hülsen gibt es für alle DIN Kegelgrößen käuflich zu erwerben. Die Hülse besitzt innen einen Morsekegel und außen ein zylindrisches Profil. Dieser Lösungsansatz ist aus Fertigungssicht kostengünstig, jedoch muss die Kolbenstange massiver ausgelegt werden, da die Morsekonus-Hülse mehr Platz benötigt und somit wäre die Anschaffung des Hydraulikzylinders kostenintensiver.

Lösung 2 sieht eine Direktbearbeitung der Kolbenstange durch ein Fremunternehmen vor. Der dadurch entstehende Mehraufwand wird durch die hohe Präzision und die gute Materialauslastung ausgeglichen.

Da die Antriebswelle ebenfalls mit einem Morsekegel versehen wird, bietet sich im Zuge dieser Bearbeitung die Herstellung der Kolbenstange mit an. Zur Umsetzung wurde daher Lösungsvariante 2 gewählt.

3.4.2 Hubzylinder

Der Hubzylinder ist im Mittelbock verbaut und dient der hydraulischen Höhenjustierung während der Einspannvorganges. Bei diesem Zylinder handelt es sich um einen Differenzialzylinder in Rundbauweise mit Kopfflansch zur Befestigung am Mittelbock. Die Kolbenstange ist am Ende mit Außengewinde versehen, dieses Gewinde dient später als Befestigungsmöglichkeit für die Trommelaufgabe.

Ausschlaggebend für die Dimensionierung des Hubzylinders ist die Knicksicherheit der Kolbenstange. Der Kolbenstangendurchmesser gibt den Kolbendurchmesser vor und somit die Grundmaße für die Betriebsdruckberechnung.

Die Knicksicherheit ist gegeben,
wenn:

$$F_D < F_{Kzul}$$

$$F_{Kzul} = \frac{\pi^2 * E * I}{s_k^2 * v_{Kerf}}$$

F_{Kzul}	zulässige Knicklast
E	Elastizitätsmodul $E_{stahl}=210 \text{ kN/mm}^2$
I	Flächenmoment 2.Ordnung der Querschnittsfläche der Kolbenfläche
s_k	freie Knicklänge nach Euler
v_{Kerf}	erforderliche Knicksicherheit
F_D	Druckkraft
d_{KS}	Kolbenstangendurchmesser

Daraus ergibt sich der
erforderliche Kolbendurchmesser:

$$d_{KS} = 1,1986 \sqrt[4]{\frac{F_D * s_k^2 * v_{Kerf}}{E}}$$

$$d_{KS} = 1,1986 * \sqrt[4]{\frac{3.000N * (2 * 300mm)^2 * 8}{210.000 \frac{N}{mm^2}}} = \underline{17,07mm}$$

Der gewählte Hubzylinder ist ein HEB Rundzylinder Z160 in Kopfflansch Ausführung mit einem Kolbenstangendurchmesser von 20mm und einem Kolbendurchmesser von 40mm.

3.4.3 Hydraulikprojektierung

Die Hydraulikprojektierung dient der Auslegung des Hydraulikaggregates samt Pumpe und der Steuerelemente.

Aggregatauslegung:

gegebene Eckdaten:

Hubzylinder:	- Kolbendurchmesser	$d_{Hub} = 40mm$
	- Druckkraft	$F_{Hub} = 3.000N$
Spannzylinder:	- Kolbendurchmesser	$d_{Hub} = 80mm$
	- Kolbenstangendurchmesser	$d_{ks} = 50mm$
	- Druckkraft	$F_{Hub} = 10.000N$
	- Ausfahrgeschwindigkeit	$v_{Spann} = \frac{150mm}{10s} = 90 \frac{cm}{min}$

Druck p_e

$$p_{Hub} = \frac{F}{A * \eta} = \frac{3.000N}{\frac{\pi}{4} * (4cm)^2 * 0,85} = 280 \frac{N}{cm^2} = \underline{28bar}$$

$$p_{Spann} = \frac{F}{A * \eta} = \frac{10.000N}{\frac{\pi}{4} * [(8cm)^2 - (5cm)^2] * 0,85} = 384 \frac{N}{cm^2} = \underline{38,4bar}$$

Der Betriebsdruck p_e sollte bei rund 40bar liegen. Die Bedingung ist somit erfüllt.

Überschlägige Ermittlung des Behältervolumens

Das Behältervolumen ist so auszulegen, dass bei fehlenden Absperrorganen in den Leitungen das gesamte Flüssigkeitsvolumen aufgenommen werden kann. Dabei ist zu beachten, dass der Flüssigkeitsstand während des Betriebes nicht unter ein bestimmtes Minimum fällt. Aufgrund der Schaumbildung im Behälter ist zudem ein Luftpolster von 10 bis 15% des Flüssigkeitsvolumens einzuhalten.

Berechnung des Behältervolumens entsprechend dem Förderstrom der Pumpe

V_B	Behältervolumen [l]
$V_{B,min}$	Behältermindestgröße [l]
V_R	Restflüssigkeitsmenge [l]
q_V	Förderstrom [l/min]
t_U	Umwälzzeit [min]
V_{spann}	Ausfahrgeschwindigkeit Spannzylinder [cm/min]
$V_{Hub, Spann}$	Ölvolumen im ausgefahrenen Zustand [l]

t_U – Richtwertetabelle²

		$V_{B,min}$ /	t_U min	Betriebsart (Begriffe, Kurzzeichen entsprechend DIN VDE 0530 T.1) *	V_R /	t_U min
Einsatzbereich	Stationärhydraulik	$V_{B,min} = q_V t_U$ mit Umwälzzeit t_U und Förderstrom q_V in // min	2	Aussetzbetrieb (S3) mit abgeschalteter Pumpe während Stillstandszeit (t_{St})	$V_R = q_V t_U$ mit Umwälzzeit t_U und Förderstrom q_V in //min	0,5
	3		Ununterbrochener periodischer Be- trieb mit Aussetzbelastung (S6) Pumpe fördert im drucklosen Umlauf während Leerlaufzeit (t_L)	1		
	6		Dauerbetrieb (S1) bei energetisch ungünstiger Wider- standssteuerung (Drosselsteuerung), z.B. langfristig über Druckbegrenzungs- ventil (als Druckregelventil)	2...3		
	1,5		Kurzzeitbetrieb (S2) Aussetzbetrieb (S3) für bewegte Druckflüssigkeitsbehälter mit angebautem Pumpenblock (Serien- aggregat) oder in einschiebbarer Kom- paktbauweise (Kleinaggregat)	0,5		

² Ölhydraulik Handbuch für hydrostatische Leistungsübertragung in der Fluidtechnik

$$V_B = q_V * t_U$$

$$q_V = v_{\text{spann}} * A = 90 \frac{\text{cm}}{\text{min}} * \frac{\pi}{4} * [(8\text{cm})^2 - (5\text{cm})^2] = 2756 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = \underline{2,756 \frac{\text{l}}{\text{min}}}$$

$$V_{B,\text{min}} = q_V * t_U = 2,756 \frac{\text{l}}{\text{min}} * 6\text{min} = \underline{16,54\text{l}}$$

$$V_r = q_V * t_U = 2,756 \frac{\text{l}}{\text{min}} * 2,5\text{min} = \underline{6,89\text{l}}$$

$$V_{\text{benötigt}} = V_{\text{spann}} + 2 * V_{\text{Hub}} + 50\% \text{ Leitungsaufschlag}$$

$$V_{\text{benötigt}} = \left[\left(\frac{\pi}{4} * [(8\text{cm})^2 - (5\text{cm})^2] * 15\text{cm} \right) + 2 * \left(\frac{\pi}{4} * (4\text{cm})^2 * 30\text{cm} \right) \right] * 1,5$$

$$V_{\text{benötigt}} = 1820\text{cm}^3 = \underline{1,82\text{l}}$$

wenn $V_{B,\text{min}} - V_{\text{benötigt}} > V_r$ ist die Behältergröße ausreichend

$$16,54\text{l} - 1,82\text{l} = \underline{\underline{14,72\text{l}}} > 6,89\text{l}$$

Unter Beachtung des Luftpolsters wähle ich ein 20l Behälter für das Hydraulikaggregat. Die Forderungen für Mindest- und Maximalvolumen werden damit erfüllt.

Berechnung der Pumpenleistung

$$P_{\text{pumpe}} = \frac{Q * p_e}{600} = \frac{4,524 \frac{\text{l}}{\text{min}} * 30\text{bar}}{600} = \underline{184\text{W}}$$

$$P_{\text{Motor}} = \frac{P_{\text{pumpe}}}{\eta} = \frac{184\text{W}}{0,85} = \underline{217\text{W}}$$

Um das hydraulische System der Schweißvorrichtung antreiben zu können, wurde ein Aggregat mit einem Behältervolumen von 20L und einer Motorleistung von 217W benötigt. Standardaggregate sind für diesen Fall sehr gut geeignet, da Sie Ölbehälter, Pumpe, Motor, Druckbegrenzungsventil und Filtersystem bereits enthalten. Diese Aggregate gibt es von unterschiedlichen Herstellern in flexiblen Baukastensystemen, z.B. HYDAC Hybox Flex Mini NG20 mit 0,55kW.

Steuerelemente und Schaltplan

Das Ansteuern der Zylinder erfolgt im hydraulischen System durch 4/3-Wegeventile mit Hebelbetätigung. Die geforderten Kolbengeschwindigkeiten können für jeden Zylinder durch die Drosselrückschlagventile gesondert eingestellt werden. Das Einfahren der Zylinder erfolgt jedoch ohne Drosselung. Der Betriebsdruck wird für die gesamte Anlage am Hydraulikaggregat eingestellt.

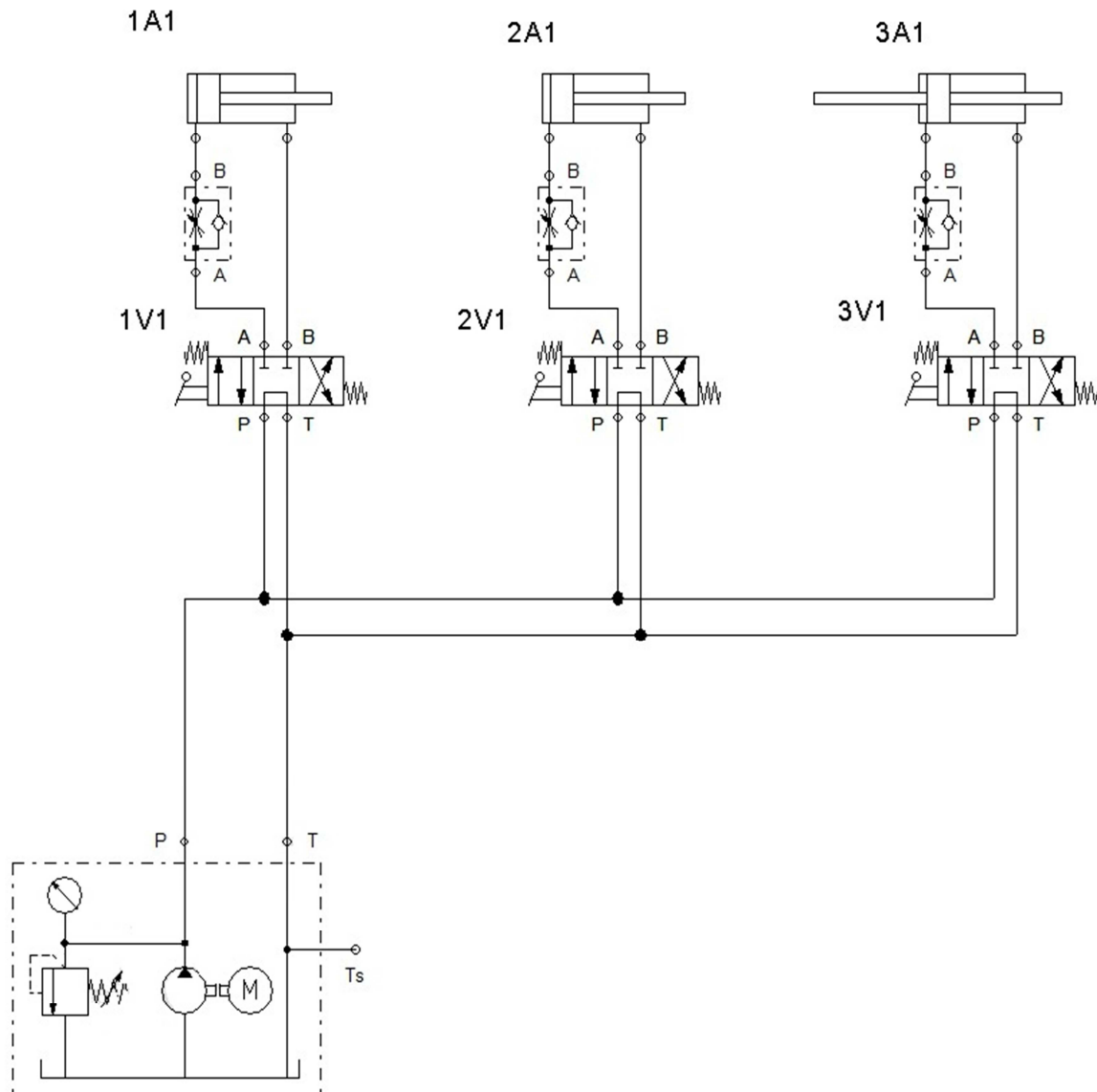


Abb. 16: Hydraulik-Schaltplan

3.5 Antriebseinheit

Die Antriebseinheit besteht aus einem Servomotor, Getriebe, Drehmomentenstütze, Antriebswelle, Frequenzumrichter und Bedieneinheit. Sie ist fest am Gegenlager montiert.

Die Antriebseinheit ist dafür verantwortlich, die Trommel im eingespannten Zustand in eine gleichmäßige Drehbewegung zu versetzen und zu halten.

Aus der Vorbetrachtung des Schweißverfahrens ergeben sich zwei Anforderungen die an den Antrieb gestellt werden. Das wäre einerseits die Abdeckung des gesamten Drehzahlbereiches für die Trommeltypen. Die Drehzahlen wurden in der Vorbetrachtung auf Basis der Schweißgeschwindigkeit und Trommeldurchmesser ermittelt und sollen zwischen 0,3-1 1/min liegen. Die zweite Anforderung ist die Drehwinkelüberwachung von 365° um eine geschlossen Schweißnaht zu gewährleisten.

In Absprache mit dem Kundendienst der Firma SEW Eurodrive konnte eine Lösung gefunden werden, die allen Anforderungen gerecht wird. Gewählt wurde ein Kegelradgetriebemotor mit der Bezeichnung

KA37 R17		CMP50S / KY / RH1M / KK	
Getriebekombination:		Motor:	
KA37-Kegelradgetriebe		CMP50S Servomotor	
R17-Stirnradgetriebe		Motor-Drehzahl [r/min]	3000
Drehzahl [r/min]	3000/1,2	Motor-moment [Nm]	1,30
Übersetzung gesamt	2454	Polpaarzahl	2
Ausführung	25mm Hohlwelle		

In Verbindung mit dem Frequenzumrichter Movidrive MDX61B³ und einem Inkrementalgeber zur Drehwinkel Erfassung werden alle Anforderungen erfüllt. Im Frequenzumrichter ist eine programmierbare Einheit integriert. Diese wird über ein Potentiometer angesteuert, welches den Trommeltyp bestimmt und somit über die Frequenz die Motordrehzahl steuert.

³ SEW Eurodrive

4. Schlussbetrachtung

Durch die Umsetzung der Schweißvorrichtungskonstruktion und deren Einsatz im Betrieb ergeben sich zahlreiche Vorteile. In Zusammenarbeit mit der Firma Kühne Förderanlagen wurden Wünsche und Forderungen berücksichtigt.

Die Schweißvorrichtung übernimmt die geforderten Funktionen des Einschweißens und Einpressen der Trommelböden in das Trommelrohr unter den geforderten Bedingungen des parallelen Schweißverfahrens und unter Umsetzung einer Presskraft von 10.000 N.

Bei der Konstruktion der Schweißvorrichtung wurden Ansprüche an den Arbeits- und Gesundheitsschutz und an die Ergonomie moderner Arbeitsplätze gestellt. Mit einer Höhe von etwa einem Meter befindet sich die Lage des Trommelkörpers im eingespannten Zustand in bedienerfreundlicher Position und alle Elemente der Justierung sind bequem zu erreichen. Im Gegenzug zum bisherigen Schweißverfahren, bei dem sich der Mitarbeiter während des Schweißvorganges dauerhaft in Zwangslage befindet und deren Umsetzung nur mit hohem Kraftaufwand bei Transport- und Wendevorgängen erfolgt, bietet die Schweißvorrichtung vor allem in Bezug auf die Arbeitsbedingungen nur Vorteile. Der Mitarbeiter hat während des Schweißvorganges nur überwachende Aufgaben zu übernehmen und kann sich in ausreichendem Abstand zur Schweißvorrichtung aufhalten. Dies dient insbesondere dem Arbeits- und Gesundheitsschutz.

Kraft- und zeitaufwendige Drehvorgänge entfallen aufgrund der Minimierung der Arbeitsgänge. Paralleles Vorwärmen und Schweißen verringert den Zeit- und Arbeitsaufwand.

Durch die flexible Konstruktion der Schweißvorrichtung wird die ganze Bandbreite der herzustellenden Trommelgrößen abgedeckt. Die Ausbildung des Morsekegels bietet sich darüber hinaus für die Aufnahme weiterer Werkzeuge an. Kaufteilen und selbst hergestellten Werkzeugen sind hier keine Grenzen gesetzt. Das Schweißen anderer rotationssymmetrischer Bauteile ist mit dieser Vorrichtung ebenfalls möglich.

Die Hauptaufgabe, das Aufnehmen des Werkstückes und dieses in gleichmäßiger Rotationsbewegung zu halten, ermöglicht sinnvolle Erweiterungen, z.B. das Anbringen einer Schleifvorrichtung zur Entfernung von Drehrillen. Eine detaillierte Betrachtung ist nicht Gegenstand dieser Arbeit, wurde aber im Zuge der Erarbeitung der Gesamtkonstruktion berücksichtigt.

Geplant ist die Herstellung der Schweißvorrichtung durch die Firma Kühne Förderanlagen in Zusammenarbeit mit Fremdunternehmen. Hierbei ist zu bemerken, dass die Konstruktion in der Herstellung durchaus einen höheren Kostenaufwand zur Folge hat. Aufgrund der erheblichen Verbesserung der Arbeitsbedingungen und der Optimierung der Herstellungsprozesse sind jedoch langfristig effektivere Arbeitsabläufe und somit auch geringere Produktionskosten zu erwarten, wodurch die Anschaffung durchaus in Betracht gezogen werden sollte.

Insbesondere die Anforderungen im Bereich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sollten ausschlaggebend für die Umsetzung der Konstruktion sowie die praktische Anwendung der Schweißvorrichtung im Betrieb sein.

5. Literaturverzeichnis

Bücher

- Hans J. Fahrenwaldt, Volkmar Schuler: Praxiswissen Schweißtechnik Werkstoff, Prozesse, Fertigung; Vieweg & Sohn Verlag/ GWV Fachverlag GmbH Wiesbaden 2006
- Dietmar Findeisen: Ölhdraulik Handbuch für hydrostatische Leistungsübertragung in der Fluidtechnik; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006
- Gerhard Bauer: Ölhdraulik Grundlagen, Bauelemente, Anwendung; Teubner Verlag/ GWV Fachverlag GmbH Wiesbaden 2005
- Manfred Weck, Christian Brecher: Werkzeugmaschinen Konstruktion und Berechnung; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006
- K.-H. Grote, J. Feldhusen: Dubbel Taschenbuch für den Maschinenbau; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005

Dokumentationen/ Kataloge

- Technische Grundlagen NADELLA Linearsysteme: Nadella V-Line Baureihe und Nadella GU - Baureihe
- RÖHM Spannzeuge Produktkatalog: Produktgruppe 2 Mitlaufende Körnerspitzen
- HEB Zylinder Hydraulik-Zylinder Baureihe Z160

Normen

- DIN 1026-02 Warmgewalzter U-Profilstahl, Teil 2: U-Profilstahl mit parallelen Flanschflächen
- DIN EN 10279 Warmgewalzter U-Profilstahl, Grenzabmaße, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse
- DIN EN 10219-2 Warmgewalztes Rechteckiges Hohlprofil
- DIN 228-1 Metrische Kegel, Morse-, Steilkegel

Software

- Autodesk Inventor Professional 2010
- AutoCAD Mechanical 2010
- Festo FluidSIM Hydraulik

6. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Übersichtdarstellung Trommel.....	2
Abb. 2: Ist-Soll-Vergleich der Arbeitsgänge	13
Abb. 3: Trommelschweißvorrichtung	17
Abb. 4: Untergestell mit innenliegenden Führungsrollen	19
Abb. 5: Untergestell mit außenliegenden Führungsrollen	20
Abb. 6: Prinzipskizze: Fest-Loslager Kombination.....	21
Abb. 7: Prinzipskizze: Festlager Laufrollen Kombination.....	22
Abb. 8: Reitstock	23
Abb. 9: Arretierung	24
Abb. 10: Mittelbock	25
Abb. 11: Spannzyylinder.....	26
Abb. 12: eingefahrener Differenzialzylinder	28
Abb. 13: ausgefahrener Differenzialzylinder	28
Abb. 14: längerer Differenzialzylinder mit Hubbegrenzung.....	29
Abb. 15: Gleichlaufzylinder, Vorzugsvariante	29
Abb. 16: Hydraulik-Schaltplan	35

7. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Abmaße Trommelkörper.....	3
Tab. 2: Abmaße Trommelböden.....	3
Tab. 3: Massen Antriebstrommeln mit Trommelböden [kg]	4
Tab. 4: Massen Spanntrommeln mit Trommelböden [kg]	4
Tab. 5: Tabelle der Umrechnung des Umfanges zur Drehgeschwindigkeit	15

8. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dokumentation selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie alle wörtlich oder sinngemäß übernommenen Stellen in der Arbeit gekennzeichnet habe. Darüber hinaus wurde diese Arbeit bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Hirschstein, 06.02.2011

.....

Carl Großmann

9. Anlagenverzeichnis

- Arbeits-Ablauf-Protokoll
- Stücklisten
- Berechnungsdatenblatt Linearführung
- Übersichtzeichnung Schweißvorrichtung
- Dokumenten-CD

	Arbeits-Ablauf-Protokoll Wellenfertigung Ø95 x 1782	Blatt 1/1
<u>Arbeitsgang</u>	<u>Beschreibung</u>	<u>Zeiten</u> <u>[min]</u>
Transport	Transport und Einbau der Rohwelle zur Drehmaschine	3
Rüsten	Zentrieren zwischen Spannfutter und Spindel, abmessen und anzeichnen der Lünettflächen	8
Drehen	Pberdrehen der Lünettflächen grobes Überdrehen, Plandrehen Wellenzapfen	30
Rüsten	Bohrspindel einsetzen	1
Drehen	Zentrierbohrung	2
Transport/ Rüsten	Wellen wird beiseite gelegt, aufsetzen des Lünetts auf die Drehmaschine, Einbau der Welle, Auflage auf Lünettfläche	12
Drehen	grobes Überdrehen, Plandrehen Wellenzapfen	3
Rüsten	Bohrspindel einsetzen	1
Drehen	Zentrierbohrung	2
Rüsten/Transport	Wellenausbau, Einbau der Zentrierspindeln, Mitnahmeherz auf Welle schieben, Welleneinbau, zwischen Spindeln vermitteln und auf Lünettflächen aufliegen lassen, Mitnahmeherz in Spannfuttereinbauen	12
Drehen	Überdrehen des rechten Wellenzapfens auf Nennlänge, Passung drehen, anfasen	15
	Überdrehen des linken Wellenzapfens auf Nennlänge, Passung drehen, anfasen	15
Transport	Transport der Welle in Warteposition	2

	Arbeits-Ablauf-Protokoll Trommelfertigung Ø320 x 1350	Blatt 1/3
<u>Arbeitsgang</u>	<u>Beschreibung</u>	<u>Zeiten</u> <u>[min]</u>
Transport	Transport der Trommel auf Arbeitstisch	3
Vorbereitende Arbeiten	Vermessen/ Anzeichnen der Position von Trommelboden und Verstärkungsring	2
	Verputzen der angezeichneten Positionen mittels Winkelschleifer, Dreck rausblasen	10
	Trommel Øinnen vermessen	1
Drehen	Trommelboden/ Verstärkungsring auf Øaußen drehen (Øaußen= Øinnen -2mm), probieren und einpassen	20
Drehen	Ausdrehen Øinnen Verstärkungsring	4
Schweißen	Verstärkungsring einpassen und an 4-Stellen fixieren	5
Drehen	Ausdrehen Øinnen Trommelboden, Seitenfläche am Øinnen und Øaußen Plandrehen ca. 2cm für Spannsatz und Schweißnahtvorbereitung	10
	Passung drehen, Anfasen	8
Transport	Welle mittels Kranbahn oder Hubwagen zum Arbeitstisch transportieren	7
Montage	Welle in Trommel einfügen (mit Hubwagen auf höhe bringen)	
	Spannsätze+Trommelböden auf Welle montieren anschließend in Trommel einfügen	
	ersten Trommelboden in der Tiefe einpassen,	
	Spannsatz leicht anziehen und Position mit Holzkeilen zentrieren	20
Schweißen	Fixieren des Trommelbodens am Trommelkörper	3
Montage	Spannsatz lösen, 2te Seite Trommelboden einpassen, Spannsatz leicht anziehen	
	zentrieren Mittels keilen	8
Schweißen	Fixieren des Trommelbodens am Trommelkörper	3

	Arbeits-Ablauf-Protokoll Trommelfertigung Ø320 x 1350	Blatt 2/3
<u>Arbeitsgang</u>	<u>Beschreibung</u>	<u>Zeit [min]</u>
Transport	Aufrichten der Trommel und Transport auf Drehtisch zum schweißen	5
	Schweißnaht setzen je nach Trommeldurchmesser 2-3 365° Rundnähte	15
	Abkühlen	30
Transport	Wenden der Trommel	5
Schweißen	Mittels Schweißbrennen Trommelboden und Trommelkörper vorwärmen	10
	Schweißnaht setzen je nach Trommeldurchmesser 2-3 365° Rundnähte	15
	Abkühlen	30
Vorarbeit/ Rüsten	Einbau der beiden Spannfutter, Anschweißen der Mitnahmefahne, Aufstecken der Trommelbodenhalterung	10
Transport	Transport der Trommel zur Drehmaschine + Einspannen	3
Drehen	Vermessen der Trommellänge, Beidseitiges abdrehen der Seitenflächen auf Nennlänge	10
	Aufteilung der Trommel in 3 bzw 5 Teile, ballig drehen der Trommel (Längsdrehen) dabei muss jede Teilung einzeln bearbeitet werden da sonst die Schnitttiefe zu groß wird	30
Transport	Transport der Trommel auf Arbeitstisch	3
Trennen	Abtrennen des Mitnahmefahne und verschleifen	1
Transport/Montage	Transport der Welle mithilfe des Hubwagens zur Trommel, einfügen der Welle in die Trommel	10
	Spannsätze auf Welle montieren und in die Trommelböden einsetzen, Position vermessen und ausrichten	4
	Spannen der Spannsätze mehrmaliges nachspannen ist nötig, Spannsätze mittels Drehmomentenschlüssel festziehen	10
Transport	Transport der Trommel in Warteposition	3

	Arbeits-Ablauf-Protokoll Trommelfertigung Ø320 x 1350	Blatt 3/3
Oberflächenbearbeitung	Aufträgen der Querprofils auf den Trommelkörper, dies geschieht mit einem Winkelschleifer in dem Quer zur Drehrichtung geschliffen wird	25
Zuschneiden	Zuschneiden der Gummierung, anschließend anrauen der Klebefläche mittels Schleifscheibe und reinigen	25